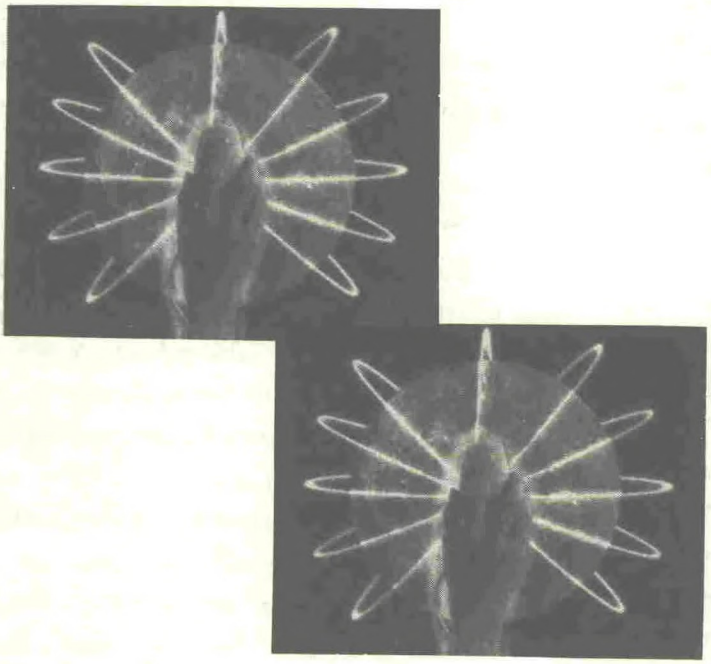
NET WORKING

ประสิทธิ์ เก็บทรัพย์

LANE
เทคโนโลยีการเชื่อมโยงเครือข่ายแห่งทศวรรษ



ทำลายขีดจำกัดของการเชื่อมโยงเครือข่ายด้วยการเชื่อมต่อระบบ LAN ผ่านเครือข่าย ATM

ปัจจุบันผู้บริหารเครือข่ายต่างพากันค้นหาผลประโยชน์และข้อดีต่าง ๆ จากการโอนย้ายเครือข่ายเดิมไปยังเครือข่าย ATM (Asynchronous Transfer Mode) เนื่องจากคุณสมบัติของ ATM ที่ถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถรองรับการส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูง รองรับการส่งผ่านข้อมูลหลายรูปแบบ เช่น ภาพ เสียง และข้อมูล เป็นต้น นอกจากนี้ยังรองรับ Virtual Network รวมทั้งการขยายระบบและการพัฒนาระบบในอนาคตอีกด้วย

ด้วยสาเหตุนี้เองที่ทำให้เทคโนโลยี ATM กลายเป็นทางเลือกใหม่ที่น่าสนใจสำหรับนักวางแผนเครือข่าย (Network Planner) อย่างไรก็ตาม ปัญหาใหญ่ประการหนึ่งก็คือว่า จะทำอย่างไรจึงจะทำให้สามารถใช้เทคโนโลยี ATM ร่วมกับอุปกรณ์เครือข่ายเดิมซึ่งได้ติดตั้งไปแล้ว รวมทั้งโปรโตคอลและซอฟต์แวร์เก่า ๆ ที่เคยใช้งานมานาน ทั้งนี้เนื่องจากเทคโนโลยี ATM เป็นเทคโนโลยีที่มีความแตกต่างจากเทคโนโลยีแลนแบบเดิม โดยที่ ATM เป็นเทคโนโลยีที่เรียกว่า Connection-oriented คล้ายกับระบบโทรศัพท์พื้นฐาน นั่นคือก่อนที่จะมีการส่งข้อมูลนั้นจะต้องมีขั้นตอนของการเลือกเส้นทางที่จะส่งข้อมูลที่เรียกว่า Call Set up และใช้แอดเดรสแบบย่อที่เรียกว่า Virtual Channel Identifier (VCI) ในการกำหนดเส้นทางที่เรียกว่า Virtual Channel Connection (VCC) เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกันระหว่าง ATM Switch สองสถานี ในขณะที่ระบบแลนแบบเก่า เช่น Ethernet และ Token Ring LAN นั้นจัดเป็นเทคโนโลยีแบบ Connectionless นั่นคือในกรณีที่ต้นทางต้องการที่จะส่งข้อมูลไปยังปลายทางจะไม่มีขั้นตอนของ Connection Set up เพื่อเลือกเส้นทางแต่อย่างใด โดยแพคเกจซึ่งบรรจุแอดเดรสแบบเต็ม (Global Address) จากต้นทางจะถูกส่งกระจายไปในเครือข่าย เครื่องปลายทางซึ่งมีแอดเดรสตรงตามที่ระบุในแพคเกจก็จะดึงข้อมูลออกไป และเนื่องจากโปรโตคอลโดยส่วนมากจะถูกพัฒนามาเพื่อใช้งานกับเครือข่ายแบบ Connectionless ดังนั้นในการที่จะนำ ATM มาใช้งานนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาวิธีการที่จะทำให้โปรโตคอลในระดับเครือข่ายที่มีอยู่ เช่น IP และ IPX สามารถใช้งานกับเครือข่ายแบบ Connection-oriented ของ ATM ได้

ATM Forum และ LAN Emulation Version 1.0

ในขณะที่ผู้ผลิตแต่ละรายต่างพยายามพัฒนาวิธีการของตนเองเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้ใช้ส่วนใหญ่กลับเรียกร้องและต้องการให้เครือข่ายของตนเองมีความยืดหยุ่นเพียงพอในระยะยาว นั่นก็คือ

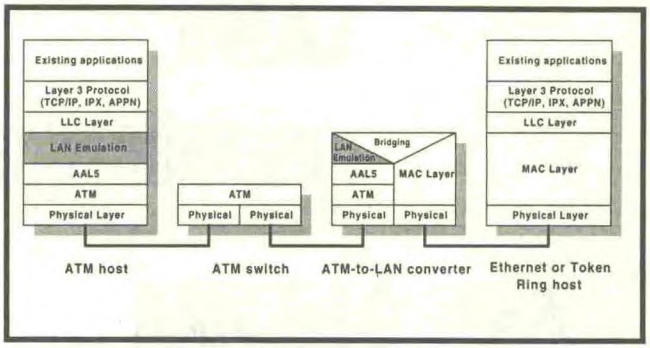
อุปกรณ์จากผู้ผลิตแต่ละรายต้องสามารถใช้งานร่วมกันได้ นี่เองเป็นที่มาของหน่วยงานที่เรียกว่า ATM Forum ซึ่งประกอบด้วยผู้ผลิต ผู้ติดตั้งและให้บริการเครือข่าย และผู้ใช้งานเครือข่าย ที่รวมตัวกันเพื่อวางแผนและพัฒนามาตรฐานทางด้าน ATM เพื่อให้มีความเข้ากันได้ระหว่างอุปกรณ์จากผู้ผลิตแต่ละราย และเป้าหมายอันหนึ่งของ ATM Forum ก็คือการพัฒนาการเชื่อมต่อ (Interface) และโปรโตคอลที่จะทำให้ระบบแลนแบบเก่าสามารถใช้งานในเครือข่าย ATM ได้ ซึ่งเรียกว่า LAN Emulation User Network Interface (LUNI) โดยจะทำให้อุปกรณ์ปลายทางที่ติดตั้ง ATM (ATM-attached end system) และอุปกรณ์ LAN/ATM Conversion สามารถควบคุม Virtual Connection ซึ่งใช้ในการส่งผ่านข้อมูลและจำลองเป็น Connectionless LAN ได้ (เรียกขั้นตอนนี้ว่า LAN Emulation-LANE)

จุดประสงค์หลักของ LAN Emulation Service ตาม ATM Forum LANE Specification เวอร์ชัน 1.0 คือ "การทำให้ซอฟต์แวร์ Application ที่มีอยู่แล้วสามารถใช้งานบนเครือข่าย ATM โดยผ่าน Protocol Stack เช่น APPN, NetBIOS และ IPX เป็นต้น เสมือนหนึ่งว่าซอฟต์แวร์เหล่านั้นกำลังทำงานอยู่บนระบบแลนแบบเดิม" LANE จะทำงานที่ระดับ Media Access Control (MAC) Layer และทำให้แพคเกจของระบบแลนแบบเก่า เช่น Ethernet, Token Ring และ FDDI สามารถส่งผ่านเครือข่าย ATM ได้โดยไม่ต้องมีการดัดแปลงหรือแก้ไขซอฟต์แวร์ต่าง ๆ รวมทั้งซอฟต์แวร์ของระบบปฏิบัติการเครือข่าย (NOS) และอุปกรณ์เครือข่ายที่มีใช้งานอยู่แล้ว โดยที่สถานีปลายทางของระบบแลนแบบเก่าสามารถที่จะใช้ LANE เพื่อเชื่อมต่อกับสถานีปลายทางที่เป็นแลนแบบเก่าได้เช่นเดียวกับการเชื่อมต่อกับสถานีปลายทางที่ติดตั้งระบบ ATM เช่น ATM Server, Router, Hub และอุปกรณ์เครือข่ายอื่น ๆ เป็นต้น

เพื่อให้สามารถพัฒนามาตรฐาน ATM ได้อย่างรวดเร็ว ATM Forum จึงได้จำกัดขอบเขตของ LANE เวอร์ชัน 1.0 ให้แคบลง โดยจะเน้นการพัฒนาที่ระดับ Client-Server ซึ่งจะกำหนดวิธีการที่ LAN Emulation Client (LEC) จะติดต่อกับ LAN Emulation Service ผ่าน LUNI อย่างไรก็ตาม LANE ในเวอร์ชันนี้ไม่ได้ระบุถึงหน้าที่ต่าง ๆ ใน LANE Service นอกจากนี้แล้วในเวอร์ชัน 1.0 จะทำให้ LEC ที่ได้มาตรฐานจากผู้ผลิตแต่ละรายสามารถใช้งานร่วมกันได้ แต่ทั้งนี้จะไม่รวมถึงเซอร์ฟเวอร์ระหว่างผู้ผลิตแต่ละราย โดยที่โปรโตคอลที่ใช้ในการติดต่อกันระหว่างเซอร์ฟเวอร์นั้นจะอยู่ใน LANE เวอร์ชันต่อไป

หลักการของ LAN Emulation

LAN Emulation จะอยู่ในระดับ Translation Layer ทำหน้าที่เป็นตัวแปลระหว่างโปรโตคอลระดับสูงซึ่งเป็นแบบ Connectionless กับโปรโตคอลระดับต่ำหรือ ATM ซึ่งเป็นโปรโตคอลแบบ Connection-oriented ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 หลักการของ LAN Emulation (Protocol Reference Model)

ATM Layer จะทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับส่วนหัว (Header) ของเซล ATM โดยจะรับส่วนสำหรับบรรจุข้อมูล (cell payload) ของ ATM ขนาด 48 ไบต์จาก ATM Adaptation Layer ซึ่งอยู่ในระดับที่สูงกว่า หลังจากนั้นก็จะใส่ข้อมูลส่วนหัวเข้าไปและส่งเซล ATM ขนาด 53 ไบต์ไปยังชั้นของ Physical Layer ในทิศทางกลับกัน ATM Layer จะรับเซล ATM มาจาก Physical Layer จากนั้นจะดึงข้อมูลส่วนหัวออกแล้วจึงส่งต่อไปยัง ATM Adaptation Layer

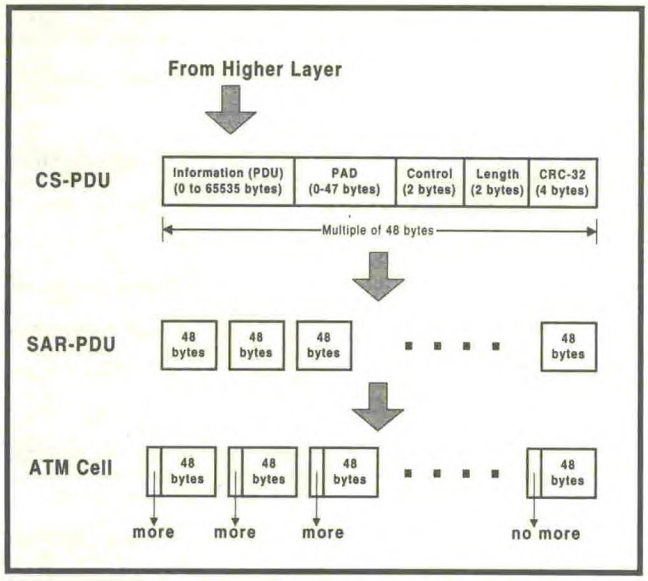
ATM Adaptation Layer (AAL) ซึ่งอยู่เหนือชั้น ATM Layer ประกอบด้วย 2 ชั้นย่อย (Sublayer) คือ Convergence Sublayer (CS) และ Segmentation And Reassembly (SAR) Sublayer โดย Convergence Sublayer จะรับข้อมูลในรูปของ Multiprotocol Encapsulated Information มาจากชั้นที่สูงกว่า และทำการจัดข้อมูลที่รับมาให้เป็นข้อมูลที่มีความยาวเท่ากับทวีคูณของ 48 ไบต์ เรียกข้อมูลที่ได้จากชั้นย่อยนี้ว่า CS-PDU หลังจากนั้นชั้นย่อย SAR จะนำ CS-PDU มาจัดแบ่งเป็นส่วนข้อมูลของ ATM ขนาด 48 ไบต์ (Segmentation) ในทิศทางกลับกัน SAR ก็จะทำการจัดเรียงข้อมูลของ ATM เป็น CS-PDU (Reassembly) และเนื่องจาก ATM เป็นเทคโนโลยีที่รองรับข้อมูลหลายประเภท ดังนั้นจึงต้องมี AAL หลาย ๆ แบบตามประเภทของข้อมูล และ AAL5 เป็นประเภทที่ถูกเลือกใช้กับ LAN Emulation ซึ่งมีรูปแบบของข้อมูลดังรูปที่ 2

โดยที่ Length : ค่าความยาวของข้อมูล (PDU) โดยไม่รวมความยาวของ PAD

Control : Reserved มีค่าเท่ากับศูนย์

PAD : เป็น Dummy ที่ใส่เพิ่มเข้าไปเพื่อให้ CS-PDU มีความยาวเท่ากับทวีคูณของ 48

ตัวอย่าง ถ้าข้อมูลมีความยาวเท่ากับ 45 ไบต์ ซึ่งเมื่อรวมทุก ๆ ส่วนจะมีความยาวเท่ากับ 45 + PAD length + 2 + 2 + 4 = 53 + PAD length ซึ่งจะเห็นว่า PAD จะต้องมีความยาวเท่ากับ 43 ไบต์จึงจะทำให้ได้ CS-PDU ที่มีความยาวเป็นทวีคูณของ 48 ไบต์ คือสองเท่าของ 48 ไบต์



รูปที่ 2 หลักการของ AAL5 ซึ่งถูกเลือกใช้สำหรับ LANE

หลังจากที่ CS-PDU ถูกแบ่งเป็นข้อมูลของ ATM แล้ว จะต้องมีการกำหนดบิตในส่วนหัวของ ATM เพื่อระบุว่ายังมีเซลอื่น ๆ ที่เป็นส่วนหนึ่งของ CS-PDU อีกหรือไม่ โดยข้อมูลส่วนนี้จะอยู่ในส่วนของ Payload Type (PT) ในส่วนหัวของเซลเรียกว่า Payload Type Identifier (PTI) และเรียกบิตที่ทำหน้าที่ระบุความต่อเนื่องของ CS-PDU นี้ว่า ATM User to User (AUU) ซึ่งเป็นบิตที่สามของ PT ถ้าเท่ากับหนึ่งแสดงว่าเป็นเซลสุดท้ายของ CS-PDU (บิตที่หนึ่งของ PT ซึ่งแสดงว่าเซลบรรจุข้อมูลของผู้ใช้หรือข้อมูลสำหรับการจัดการเครือข่ายจะต้องมีค่าเท่ากับศูนย์ด้วย)

LANE เป็นชั้นที่อยู่เหนือชั้น AAL5 โดยจะทำหน้าที่เกี่ยวกับการสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อ (Connection Set up) และ Handshaking ซึ่งจะต้องมีใช้ในเครือข่าย ATM ดังนั้นชั้นนี้จะไม่ขึ้นอยู่กับชั้นที่สูงขึ้นไป รวมทั้งโปรโตคอลและซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ด้วย ในทางกลับกัน LANE จะทำหน้าที่จับคู่ MAC แอดเดรสกับวงจรเชื่อมต่อแบบ ATM ซึ่งจะทำให้โปรโตคอลที่อยู่ในระดับสูงขึ้นไปรู้สึกเสมือนหนึ่งว่ากำลังทำงานอยู่บนเครือข่าย Connectionless LAN แบบเก่า

อุปกรณ์ที่มีการใช้โปรโตคอล LANE ในเครือข่าย ATM มีอยู่ 2 ประเภทด้วยกันคือ

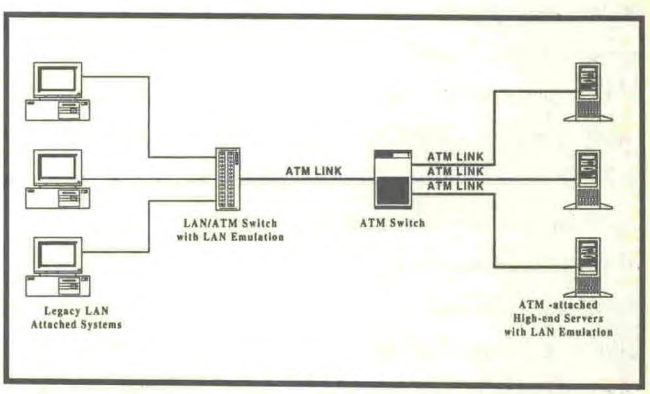
1. ATM Network Interface Card (ATM NIC)

ATM NIC จะใช้โปรโตคอล LANE เพื่อทำการเชื่อมต่อกับเครือข่าย ATM หรือก็คือ ATM Switch นั่นเอง ในขณะเดียวกันก็จะทำการติดต่อกับโปรโตคอลในระดับสูงซึ่งจะอยู่ในรูปของ Drivers ที่ติดตั้งในอุปกรณ์ปลายทาง ทำให้โปรโตคอลในระดับเครือข่ายสามารถทำงานได้ตามปกติเหมือนกับกำลังทำงานอยู่บนเครือข่ายแลนแบบเดิม อย่างไรก็ตาม ประโยชน์ที่ได้รับก็คือความสามารถในการใช้งานช่องสื่อสาร (Bandwidth) ที่มีแถบความกว้างมากกว่าเดิม ทำให้มีความเร็วในการรับส่งข้อมูลเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การส่งข้อมูลผ่านช่องสื่อสารของ ATM นั้นยังสามารถที่จะใช้งานได้อย่างเต็มที่เนื่องจากไม่ต้องแย่งกันใช้งานอย่างเช่นในกรณีของ Shared Medium LAN โดยทั่วไปแล้วหากจะพิจารณา ATM NIC เป็นการ์ดแลนแบบหนึ่งก็คงจะไม่ผิดนัก โดยในการใช้งานนั้นเพียงแต่เสียบลงในสล้อตของคอมพิวเตอร์ซึ่งในท้องตลาดขณะนี้มีทั้งที่เป็นแบบ PCI BUS และ S-BUS สำหรับเครื่องสมรรถนะสูงในระดับ Workstation และมีความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลสูงสุดในระดับ 155 Mbps และสามารถเลือกใช้งานได้ทั้งแบบเคเบิลแกนร่วม (Coaxial Cable) และไฟเบอร์ออปติก (Fiber Optic)

2. Internetworking and LAN Switching Equipment

อุปกรณ์อีกประเภทหนึ่งที่มีการใช้งานโปรโตคอล LANE ก็คือ LAN Switch หรือเราเตอร์ ที่ด้านหนึ่งใช้เชื่อมต่อกับเครือข่าย ATM และอีกด้านหนึ่งนั้นจะเชื่อมต่อกับระบบแลนแบบเดิม ดังรูปที่ 3 ซึ่งแสดงการใช้งาน LANE ในการโอนย้ายระบบแลนแบบเดิมมาเป็นระบบเครือข่าย ATM

จะเห็นได้ว่าพัฒนาการของ LANE นั้นสามารถทำได้โดยไม่กระทบกับ ATM Switch โดยที่ LANE จะใช้กระบวนการมาตรฐานในการติดต่อกับ ATM Switch ซึ่งกระบวนการนี้ก็คือกระบวนการของ UNI Signalling นั่นเอง ดังนั้นจะทำให้การพัฒนาทั้งของ LANE และ ATM Switch สามารถดำเนินไปได้อย่างอิสระ ทำให้การพัฒนาเป็นไปอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 3 LAN Emulation กับการพัฒนาของระบบเครือข่าย

องค์ประกอบและรูปแบบการเชื่อมต่อของ LANE

ถึงแม้ว่าโปรโตคอล LANE จะนิยามเฉพาะการทำงานของ Emulated LAN (ELAN) เพียงหนึ่งเครือข่าย แต่บนเครือข่าย ATM เพียงหนึ่งเครือข่ายนั้นสามารถจำลอง (emulate) ระบบแลนได้มากกว่าหนึ่งเครือข่ายพร้อม ๆ กัน โดยที่แต่ละ ELAN อาจจะเป็น Ethernet หรือ Token Ring ก็ได้ และแต่ละ ELAN จะประกอบด้วย

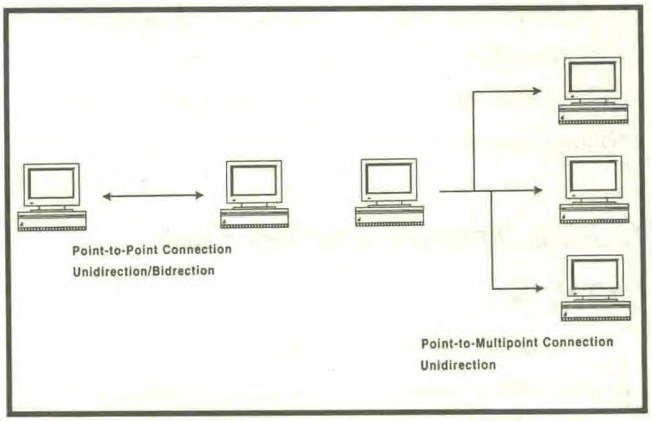
- **LAN Emulation Client (LEC)** เป็นหน่วยหนึ่งในอุปกรณ์ปลายทางของเครือข่าย ATM โดยจะทำหน้าที่ในการจัดการเกี่ยวกับตำแหน่งที่อยู่ รวมถึงหน้าที่ในการควบคุมอุปกรณ์ปลายทางในระบบ ELAN นอกจากนี้แล้ว LEC ยังทำหน้าที่ในการติดต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เชื่อมต่อกับมันอีกด้วย โดยทั่วไปแล้ว ATM NIC หรือ LAN/ATM Switch ซึ่งเชื่อมต่อกับ ELAN จะสามารถรองรับหรือทำตัวเป็น LEC หนึ่งตัวสำหรับหนึ่ง ELAN โดยที่แต่ละ LEC จะถูกกำหนดให้มี ATM แอดเดรสเฉพาะตัวของมันเอง แต่จะมี MAC แอดเดรสเพียงหนึ่งหรือมากกว่าที่เกี่ยวข้องกับตัวมัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออยู่กับมัน เช่น ในกรณีของ ATM NIC จะมีเพียงหนึ่ง MAC แอดเดรส ในขณะที่กรณีของ LAN/ATM Switch จะมี MAC แอดเดรสมากกว่าหนึ่งที่ ข้อมูลที่มาจาก ATM port จะสามารถถูกส่งผ่านไปยัง LAN port ได้โดยที่แต่ละ port อาจจะถูกจัดให้อยู่ใน ELAN คนละเครือข่ายกันก็ได้ จะเห็นได้ว่าในกรณีหลังจำนวนของ MAC แอดเดรสอาจจะเปลี่ยนแปลงโดยเพิ่มหรือลดได้ตลอดเวลา อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่า LANE จะนิยาม ELAN ถึงสองรูปแบบด้วยกันคือ Ethernet และ Token Ring แต่ก็ไม่ได้กำหนดการเชื่อมต่อโดยตรงระหว่าง LEC ที่เป็น Ethernet และ LEC ที่เป็น Token Ring แต่ ELAN ทั้งสองสามารถเชื่อมต่อกันได้โดยผ่าน ATM Router ซึ่งทำหน้าที่เป็น client ของแต่ละ ELAN
- **LAN Emulation Server (LES)** ทำหน้าที่ในการควบคุมสำหรับแต่ละ ELAN ดังนั้นแต่ละ ELAN จะมีเพียงหนึ่งลอจิก LES (logical LES per ELAN) โดยที่แต่ละ LES จะมี ATM แอดเดรสเฉพาะตัวของมันเอง
- **Broadcast and Unknown Server (BUS)** ทำหน้าที่เป็น multicast server ซึ่งทำหน้าที่ในการกระจายข้อมูลที่ไม่รู้แอดเดรสปลายทาง และส่งผ่าน multicast และ broadcast traffic ไปยังทุก ๆ โหนดภายใน ELAN โดยที่แต่ละ LEC จะมีเพียงหนึ่ง BUS ที่มันสามารถใช้งานได้ แต่ภายในหนึ่ง ELAN อาจจะมีมากกว่าหนึ่ง BUS ได้ โดยที่แต่ละ BUS จะมี ATM แอดเดรสเฉพาะตัวของมันเอง
- **LAN Emulation Configuration Server (LECS)** ทำหน้าที่ในการจัด LANE client ให้กับแต่ละ ELAN โดยการจัดการเชื่อมต่อแต่ละ LEC เข้ากับ LES ซึ่งทำหน้าที่ให้บริการแก่ ELAN นั้น ๆ โดยที่จะมี LECS หนึ่งตัวต่อหนึ่ง Administrative Domain ซึ่งจะให้บริการแก่ทุก ๆ ELAN ในโดเมน

ก่อนที่จะทำความรู้จักกับการทำงานของ LANE เราจะมาทำความรู้จักกับ Multicast Server กันก่อน โดยเริ่มจากชนิดของการเชื่อมต่อของ ATM ซึ่งมีอยู่สองแบบด้วยกันคือ

- **Point-to-Point Connection** ซึ่งจะเชื่อมต่อ ATM Switch สองสถานีเข้าด้วยกัน การส่งข้อมูลอาจจะเป็นแบบทิศทางเดียว (Unidirectional) หรือแบบสองทิศทาง (Bidirectional)
- **Point-to-Multipoint Connection** โดยจะทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต้นทางที่เรียกว่าโหนดต้นทาง (Root Node) กับอุปกรณ์ปลายทางหลาย ๆ ตัวซึ่งเรียกว่าโหนดลูก (Leaf Node) โดยที่เส้นทางการเชื่อมต่อนั้นจะเป็นแบบทิศทางเดียวจากโหนดต้นทางไปยังโหนดลูกเท่านั้น แต่จะไม่สามารถส่งข้อมูลโดยใช้เส้นทางเดียวกันจากโหนดลูกไปยังโหนดต้นทาง หรือระหว่างโหนดลูกด้วยกันเอง ดังรูปที่ 4

สาเหตุที่ไม่สามารถส่งข้อมูล Point-to-Multipoint แบบสองทิศทางได้นั้นเนื่องจาก AAL5 ไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างเซลที่มาจากคนละแพคเกจของ AAL5 ที่ถูกส่งมาในเส้นทางเดียวกันได้ นั่นคือ แต่ละเซลที่ถูกส่งออกไปจะต้องถูกรับตามลำดับก่อนหลังเท่านั้น AAL5 จึงจะสามารถจัดเรียงเซลเป็นแพคเกจได้ถูกต้อง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าหากให้โหนดลูกสามารถส่งข้อมูลถึงกันได้ จะทำให้โหนดต้นทางไม่สามารถแยกได้ว่าข้อมูลที่รับได้มาจากโหนดใด ซึ่งแตกต่างกับ AAL3/4 ที่สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างข้อมูลที่มาจากคนละแพคเกจได้ แต่ AAL3/4 มีความซับซ้อนมากทำให้มีราคาแพงมากหากจะพัฒนาเพื่อนำมาใช้งานสำหรับ LANE

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากโปรโตคอลที่มีใช้งานอยู่ส่วนมาก โดยเฉพาะโปรโตคอลที่ถูกพัฒนามาเพื่อใช้งานกับเทคโนโลยีแลนแบบเดิมนั้นถูกพัฒนามาเพื่อรองรับการส่งข้อมูลในรูปแบบ Multipoint-to-Multipoint หรือ Broadcast ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาหนทางในการพัฒนาเทคโนโลยี ATM เพื่อให้สามารถรองรับการส่งข้อมูลแบบ Point-to-Multipoint หรือ Multipoint-to-Multipoint โดยวิธีการที่ถูกเสนอมาเพื่อแก้ปัญหานี้มีด้วยกันหลายวิธี และหนึ่งในนั้นก็คือการใช้ Multicast Server



รูปที่ 4 ATM Connection

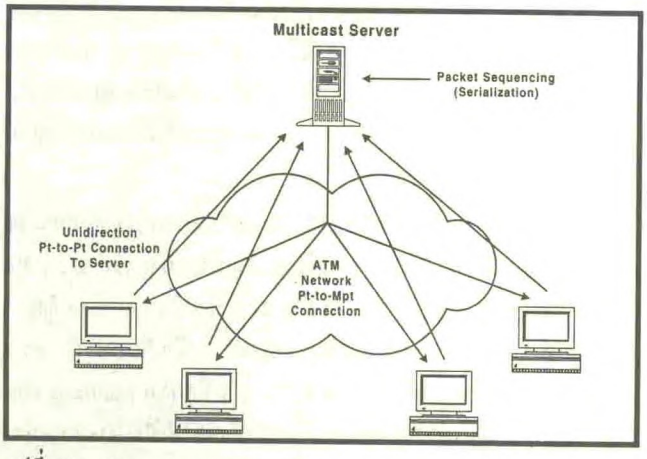
วิธีการนี้จะใช้อุปกรณ์ภายนอกซึ่งเรียกว่า Multicast Server เป็นผู้ให้บริการแก่โหนดต่าง ๆ ในกลุ่มที่ต้องการส่งข้อมูลแบบ Multipoint-to-Multipoint โดยที่ทุก ๆ โหนดที่ต้องการส่งข้อมูลกระจายไปในเครือข่าย (Broadcast) จะสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อแบบ Point-to-Point กับ Multicast Server และ Multicast Server ก็จะสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อแบบ Point-to-Multipoint ไปยังทุก ๆ โหนดในกลุ่มดังรูปที่ 5

ขั้นตอนของการส่งข้อมูลจะเริ่มต้นจากการที่ Multicast Server รับข้อมูลจากโหนดที่ต้องการส่งข้อมูลโดยผ่านเส้นทางการเชื่อมต่อแบบ Point-to-Point หลังจากนั้นข้อมูลก็จะถูกส่งกระจายไปให้แก่ทุก ๆ โหนด โดยใช้เส้นทางการเชื่อมต่อแบบ Point-to-Multipoint โดยก่อนที่ข้อมูลจะถูกส่งออกไปแต่ละครั้ง Multicast Server จะต้องทำการจัดเรียงข้อมูลของแต่ละแพคเกจ และจะต้องทำการส่งให้หมดทีละแพคเกจก่อนจะส่งแพคเกจใหม่ต่อไป ซึ่งจะทำให้ ATM สามารถใช้งานในลักษณะ Broadcasting ได้เช่นเดียวกับระบบแลนแบบเดิม และองค์ประกอบของ LANE ที่ทำหน้าที่นี้ก็คือ BUS

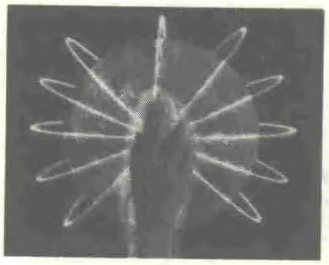
สำหรับรูปแบบของเส้นทางการเชื่อมต่อใน LANE phase 1 จะใช้การเชื่อมต่อแบบ ATM โดยแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ เส้นทางการเชื่อมต่อเพื่อใช้ในการส่งข้อมูล (Data Transmission) และเส้นทางการเชื่อมต่อเพื่อใช้ในการส่งสัญญาณควบคุม (Control Traffic)

เส้นทางการเชื่อมต่อเพื่อใช้ในการส่งสัญญาณควบคุม (Control Connection)

- **Configuration Direct VCC** : เป็นเส้นทางการเชื่อมต่อสองทิศทางแบบ Point-to-Point VCC ซึ่งถูกสร้างโดย LEC เพื่อสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อกับ LECS
- **Control Direct VCC** : เป็นเส้นทางการเชื่อมต่อสองทิศทางแบบ Point-to-Point VCC ระหว่าง LEC และ LES
- **Control Distribute VCC** : เป็นเส้นทางการเชื่อมต่อทิศทางเดียวแบบ Point-to-Multipoint VCC จาก LES กลับไปยัง LEC



รูปที่ 5 Multicast Server Operation

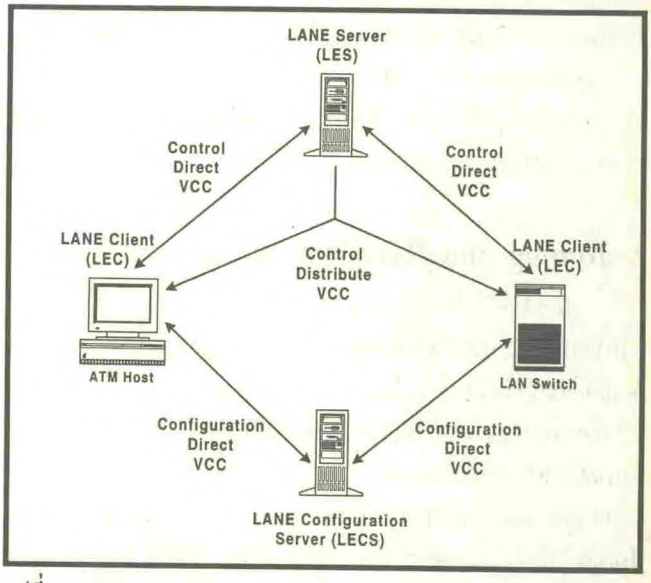


เส้นทางการเชื่อมต่อเพื่อใช้ในการส่งข้อมูล (Data Connection)

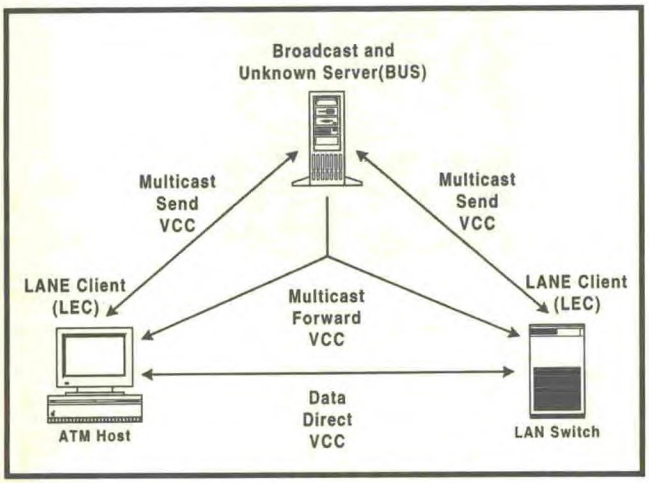
- **Data Direct VCC** : เป็นเส้นทางการเชื่อมต่อสองทิศทางแบบ Point-to-Point VCC ระหว่าง LEC สองตัวที่ต้องการแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน โดยทุก ๆ แพคเกจจะถูกส่งโดยใช้เส้นทางนี้แม้ว่า MAC แอดเดรสจะแตกต่างกันก็ตาม (MAC แอดเดรส จะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ปลายทางที่ต่ออยู่กับ LEC) ทั้งนี้เพื่อเป็นการประหยัดทรัพยากรของระบบเช่น VCC และเวลาที่ใช้ไปเพื่อสร้างเส้นทางการส่งข้อมูล เป็นต้น
- **Multicast Send VCC** : เป็นเส้นทางการเชื่อมต่อสองทิศทางแบบ Point-to-Point VCC ซึ่งถูกสร้างโดย LEC เพื่อสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อไปยัง BUS
- **Multicast Forward VCC** : เป็นเส้นทางการเชื่อมต่อทิศทางเดียวที่ถูกสร้างโดย BUS เพื่อเชื่อมต่อ LEC โดยจะเป็นการเชื่อมต่อแบบ Point-to-Multipoint VCC ที่มี LEC เป็นโหนดลูก

LANE Operation

ในที่นี้จะอธิบายการทำงานของ LANE ในลักษณะเป็นขั้นตอนโดยใช้ LEC เป็นหลักในการพิจารณา โดยประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 6 LANE Control Connection



รูปที่ 7 LANE Data Connection

1. Initialization and Configuration

ขั้นตอนของการทำ Initialization จะเริ่มขึ้นเมื่อมีการเปิดเครื่อง LEC ขึ้นมาใช้งาน โดย LEC จะทำการหา ATM แอดเดรสของตัวเอง หลังจากนั้นก็จะทำการสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อ Configuration direct VCC เพื่อเชื่อมโยงไปยัง LECS โดยก่อนที่จะเชื่อมต่อกับ LECS จะต้องทำการหาแอดเดรสของ LECS โดยอาจจะเลือกใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งต่อไปนี้คือ การใช้กระบวนการ ILMI ที่ออกแบบไว้สำหรับการหาแอดเดรสของ LECS หรือใช้ ATM แอดเดรสของ LECS ซึ่งได้กำหนดไว้ก่อน (Wellknown Address) หรือใช้เส้นทางการเชื่อมต่อที่กำหนดไว้อย่างถาวร (Permanent Connection) สำหรับการเชื่อมต่อระหว่าง LEC และ LECS (VPI=0, VCI=17) เมื่อสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อเรียบร้อยแล้ว LECS จะส่งข้อมูลที่จำเป็นสำหรับใช้ในการเชื่อมต่อระหว่าง LEC และ ELAN ซึ่งข้อมูลต่าง ๆ จะประกอบด้วย ATM แอดเดรสของ LES ชนิดของระบบแลนที่จะทำการจำลอง เช่น Ethernet หรือ Token Ring และชื่อของระบบแลนที่จะใช้ในการแสดงผล ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะได้จากการกำหนดโดยผู้บริหารเครือข่ายผ่านระบบจัดการและบริหารเครือข่าย (Network Management System)

2. Joining and Registration

เมื่อ LEC ได้ข้อมูลเกี่ยวกับแอดเดรสของ LES แล้ว มันอาจจะทำการยกเลิกเส้นทางการเชื่อมต่อ Configuration direct VCC ซึ่งเชื่อมต่อระหว่าง LEC กับ LECS หลังจากนั้น LEC จะสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อ Control direct VCC เพื่อเชื่อมต่อกับ LES และ LES จะกำหนด LECID (LEC IDentification) ซึ่งเป็นค่าเฉพาะตัวของแต่ละ LEC ให้แก่ LEC นอกจากนี้แล้ว LEC จะทำการแจ้ง ATM แอดเดรสของตัวมันและ MAC แอดเดรสที่เกี่ยวข้องกับตัวมัน ซึ่งก็คือแอดเดรสของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่กับตัวมันนั่นเอง รวมถึงอาจจะแจ้ง MAC แอดเดรสของอุปกรณ์ที่ไม่ได้ต่อกับมันโดยตรง แต่สามารถส่งข้อมูลโดยผ่านตัวมันเองไปยังอุปกรณ์นั้น ๆ ได้ เรียก LEC แบบนี้ว่า Proxy LEC (กรณี LAN Switch)

หลังจากนั้น LES จะสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อ Control distribute VCC กลับไปยัง LEC ซึ่งทั้ง Control direct VCC และ Control distribute VCC จะใช้สำหรับกระบวนการ LAN Emulation Address Resolution Protocol (LE_ARP) เพื่อร้องขอ ATM แอดเดรสของ LEC ปลายทาง เนื่องจากในการส่งแพคเกจใด ๆ นั้น LEC ต้นทางจะรู้เฉพาะ MAC แอดเดรสของปลายทางแต่จะไม่รู้ ATM แอดเดรสปลายทางของ LEC ที่อุปกรณ์ปลายทางซึ่งมี MAC แอดเดรสนั้น ๆ ต่ออยู่ แต่เนื่องจากว่าในการส่งข้อมูลระหว่าง LEC นั้นจะต้องใช้ ATM แอดเดรสเท่านั้น ดังนั้น LEC ต้นทางจะต้องขอ ATM แอดเดรสของ LEC ปลายทางจาก LES โดยการส่ง LE_ARP Request ให้แก่ LES ซึ่งจะประกอบไปด้วย ATM แอดเดรสต้นทาง และ MAC แอดเดรสปลายทาง ถ้า LES รู้จัก MAC แอดเดรสนี้ (เนื่องจากแต่ละ LEC จะแจ้ง ATM แอดเดรสของตัวเองและ MAC แอดเดรสของอุปกรณ์ที่ต่อกับตัวมันไว้กับ LES) มันก็จะใส่ ATM แอดเดรสที่สัมพันธ์กับ MAC แอดเดรสนั้นลงไปและส่งกลับไปให้แก่ต้นทาง โดยจะมีสองทางเลือก คือส่งไปให้เฉพาะ LEC ต้นทางโดยใช้เส้นทาง Control direct VCC หรือส่งไปให้แก่ LEC ทุก ๆโหนดโดยใช้เส้นทาง Control distribute VCC เพื่อให้ทุก ๆ โหนดเก็บข้อมูลเหล่านี้ไว้ชั่วคราว ในกรณีที่มีแพคเกจที่จะส่งไปให้แก่โหนดเดียวกันอีกก็จะสามารถส่งได้เลยโดยไม่ต้องใช้กระบวนการร้องขอแอดเดรสปลายทางอีก สำหรับในกรณีที่ LES ไม่รู้จัก MAC แอดเดรสตัวนั้น มันจะส่ง LE_ARP ให้แก่ LEC ทุก ๆ ตัว โดยที่ LEC ที่รู้จัก MAC แอดเดรสนั้น ๆ จะส่งคำตอบกลับมาให้แก่ LES เพื่อส่งต่อให้แก่โหนดต้นทางต่อไป

สาเหตุที่ LES ไม่รู้จัก MAC แอดเดรสบางตัวนั้นจะเกิดขึ้นในกรณีที่ Proxy LEC (ในกรณีของ LAN Switch) ไม่ได้รายงาน MAC แอดเดรสของอุปกรณ์ที่อยู่ "ต่ำกว่า" ตัวมันเอง ดังนั้นจะเห็นได้ว่า Proxy LEC เท่านั้นที่จะได้รับ LE_ARP จาก LES ดังนั้นในตอนที่ LEC รายงานตัวต่อ LES มันจะต้องแจ้งต่อ LES ว่าตัวมันเป็น Proxy และ Nonproxy LEC เพื่อให้ LES สามารถที่จะเลือกได้ว่าจะสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อ Control distribute VCC ไปยัง LEC นั้น ๆ หรือไม่ อย่างไรก็ตาม กรณีนี้ไม่ถือว่าเป็นข้อกำหนดตายตัว LES สามารถที่จะสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อไปยังโหนดทุก ๆ โหนดได้

ในขั้นตอนสุดท้าย LEC จะใช้ LE_ARP เพื่อขอ ATM แอดเดรสของ BUS โดยใส่ MAC แอดเดรสที่มีทุกบิตเป็นหนึ่งลงใน LE_ARP และส่งให้แก่ LES เมื่อได้แอดเดรสของ BUS มาแล้ว LEC ก็จะทำการสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อ Multicast Send VCC เพื่อเชื่อมต่อกับ BUS ในทิศทางกลับกัน BUS ก็จะสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อ Multicast Forward VCC ไปยัง LEC โดยการเพิ่ม LEC เข้าไปเป็นโหนดลูกของตัวเอง ในขณะนี้ LEC ก็พร้อมที่จะส่งข้อมูลได้ทันที

3. Data Transfer

ในช่วงของการส่งข้อมูลนั้น LEC ต้นทางจะรับข้อมูลในรูปของแพคเกจในระดับเครือข่ายจากโปรโตคอลของระบบแลนแบบเดิม ซึ่งอยู่ในชั้นโปรโตคอลที่สูงกว่า (กรณีของ ATM NIC) และรับ MAC Packet เพื่อที่จะส่งต่อไปยัง LAN Port (ในกรณีของ LAN Switch) โดยในขั้นแรกนั้น LEC ต้นทางจะยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับ ATM แอดเดรสของ LEC ปลายทางที่จะส่ง MAC Packet ไป ในกรณีนี้ LEC ต้นทางจะทำการขอข้อมูลเหล่านี้จาก LES โดยจะทำการสร้าง LE_ARP ส่งไปยัง LES

ในระหว่างที่ LEC ต้นทางกำลังรอการตอบกลับจาก LES อยู่นั้น มันก็จะทำการส่งแพคเกจไปให้แก่ BUS เพื่อให้ BUS ส่งแพคเกจนี้ให้แก่ LEC ทุกตัวในเครือข่าย สาเหตุที่ต้องทำเช่นนี้ก็เพราะในกรณีที่ MAC แอดเดรสนั้นเป็นของอุปกรณ์ Passive ในระบบแลนที่ต่ออยู่กับ LAN/ATM Switch จะไม่มี LEC ตัวใดที่จะรู้แอดเดรสของอุปกรณ์ตัวนี้ นอกจากนี้แล้วระยะเวลาที่ใช้ในการค้นหาตำแหน่งของอุปกรณ์ปลายทางยังใช้เวลานาน ดังนั้นในกรณีนี้ LANE ก็จะใช้ BUS เพื่อทำการส่งข้อมูลที่ไม่รู้ตำแหน่งปลายทางโดยใช้วิธีการที่คล้ายคลึงกับวิธีการของ Spanning Tree Bridge

ในกรณีที่ LEC ต้นทางได้รับการตอบกลับจาก LES นั่นก็คือมันจะรู้ตำแหน่งปลายทางที่จะส่งข้อมูลไป LEC ต้นทางก็จะสร้างเส้นทางการส่งข้อมูล Data direct VCC เพื่อเชื่อมโยงไปยัง LEC ปลายทาง และจะใช้เส้นทางนี้ในการส่งข้อมูลแทนการใช้เส้นทางของ BUS ซึ่งจะทำให้สามารถลดความหนาแน่นในการใช้งานเครือข่ายลงได้ อย่างไรก็ตาม ก่อนที่มันจะใช้เส้นทางนี้ในการส่งข้อมูลมันจะต้องตรวจสอบก่อนว่าข้อมูลที่ส่งให้แก่ BUS นั้น LEC ปลายทางได้รับไปหมดแล้ว ทั้งนี้เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่เกิดจากการจัดเรียงข้อมูลในกรณีที่ส่งข้อมูลใหม่ออกไปก่อนการตรวจสอบ ข้อมูลใหม่นี้อาจจะถึงปลายทางก่อนข้อมูลที่ถูกส่งไปก่อนก็ได้ สำหรับวิธีการตรวจสอบนั้น LEC ต้นทางจะทำการส่งเซลควบคุม (Control Cell) ไปให้แก่ BUS หลังจากนั้น BUS ก็จะทำการกระจายเซลควบคุมนี้ให้แก่ทุก ๆ โหนด และเนื่องจาก BUS จะส่งข้อมูลออกไปตามลำดับที่มันรับไป ดังนั้น C เซลควบคุมจะไม่ถูกกระจายออกไปจนกว่าข้อมูลที่ถูกรับมาก่อนหน้านี้จะถูกส่งออกไปก่อน ดังนั้นเมื่อโหนดปลายทางได้รับเซลควบคุมนี้มันก็จะส่งกลับไปให้แก่ต้นทางโดยใช้เส้นทาง Data direct VCC เมื่อต้นทางได้รับเซลควบคุมแสดงว่ามันสามารถจะเริ่มใช้เส้นทาง Data direct VCC เพื่อทำการส่งข้อมูลชุดต่อไปได้ทันที วิธีการในการตรวจสอบนี้เรียกว่า FLUSH procedure

ในกรณีที่มีเส้นทางการส่งข้อมูล Data Direct VCC อยู่แล้ว LEC ต้นทางอาจจะเลือกใช้เส้นทางเดิมนี้ในการส่งข้อมูลก็ได้ ทั้งนี้เพื่อประหยัดทรัพยากรของระบบเครือข่ายเช่น VCC รวมทั้งเวลาและหน่วยต่าง ๆ ที่ใช้ไปในช่วงของการสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อ เป็นต้น

ในกรณีที่ LEC ต้นทางไม่ได้รับการตอบกลับจาก LES มันก็จะทำการส่งข้อมูลให้แก่ BUS ไปเรื่อย ๆ ในขณะเดียวกันก็จะทำการส่ง LE_ARP ไปยัง LES เป็นระยะ ๆ จนกว่ามันจะได้รับการตอบกลับจาก LES ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเมื่อ LES ได้รับ LE_ARP มันก็จะทำการส่งต่อให้แก่ LEC ทุก ๆ ตัว และ LEC ก็จะทำการกระจายให้แก่อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับมันเป็นเช่นนี้เป็นทอด ๆ ไปจนกว่าจะถึงอุปกรณ์ปลายทาง อุปกรณ์ปลายทางก็จะตอบกลับมาเป็นทอด ๆ เช่นเดียวกัน ในที่สุดแล้วจะมี LEC อย่างน้อยหนึ่งตัวที่สามารถตอบ LE_ARP นั้น ๆ ได้

โดยปกติแล้ว LEC จะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับแอดเดรสที่ได้จาก LE_ARP นี้ไว้ชั่วคราว (โดยทั่วไปประมาณ 5 นาที) ดังนั้นในกรณีที่ต้องส่งข้อมูลให้กับปลายทางตัวเดิมอีกมันก็จะนำข้อมูลที่เก็บไว้มาใช้เพื่อสร้างเส้นทาง Data Direct VCC เพื่อส่งข้อมูลได้ทันทีโดยไม่ต้องส่ง LE_ARP ใหม่ ซึ่งระยะเวลาในการเก็บข้อมูลสามารถกำหนดใหม่ได้ นอกจากนี้แล้วเส้นทาง Data Direct VCC จะถูกยกเลิกเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 20 นาทีโดยไม่มีการใช้งาน ซึ่งระยะเวลานี้ก็สามารถกำหนดใหม่ได้เช่นกัน

นอกจากนี้ BUS ยังถูกใช้โดย LEC เพื่อส่งข้อมูลที่ต้องการส่งกระจายให้แก่ทุก ๆ โหนด (ซึ่งข้อมูลนี้จะมีบิตหน้าสุดมีค่าเป็นหนึ่ง) ในเครือข่ายเมื่อ BUS ได้รับข้อมูลจากต้นทางแล้วมันก็จะทำการส่งข้อมูลให้แก่ทุก ๆ โหนดในเครือข่าย จะเห็นได้ว่าในกรณีนี้ LEC ต้นทางก็จะได้รับข้อมูลของตัวเองซ้ำอีกครั้งหนึ่ง สำหรับโปรโตคอลของระบบแลนบางประเภทแล้วจะไม่สามารถใช้งานในลักษณะนี้ได้เนื่องจากจะเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้น LANE จะทำการเพิ่มข้อมูลเข้าไปในส่วนหน้าของ MAC Packet ในขั้นตอนของการทำ Encapsulation ก่อนส่งให้แก่ชั้นของ AAL5 ซึ่งข้อมูลนี้ก็คือ LECID ของตัวมันเอง ดังนั้นเมื่อมันรับข้อมูลมาทุกครั้งมันก็จะทำการตรวจสอบค่า LECID ของข้อมูลกับค่า LECID ของมันเอง หากตรงกันก็แสดงว่าเป็นข้อมูลของตัวเอง ข้อมูลชุดนี้ก็จะถูกตัดทิ้งไป

อย่างไรก็ตาม พัฒนาการของ LANE ก็ยังคงดำเนินต่อไป ทั้งนี้รวมถึงมาตรฐานทางด้าน ATM ซึ่งยังมีการปรับปรุงแก้ไขอยู่ตลอดเวลา สำหรับผู้ที่สนใจเทคโนโลยีทางด้านนี้แล้วจำเป็นที่จะต้องติดตามอย่างใกล้ชิด เนื่องจาก ATM เป็นเทคโนโลยีที่ถูกออกแบบมาสำหรับเครือข่ายในอนาคต และสำหรับมาตรฐานต่าง ๆ ATM Forum จะพิมพ์ออกจำหน่าย และจะแจกฟรีสำหรับสมาชิกเท่านั้น